

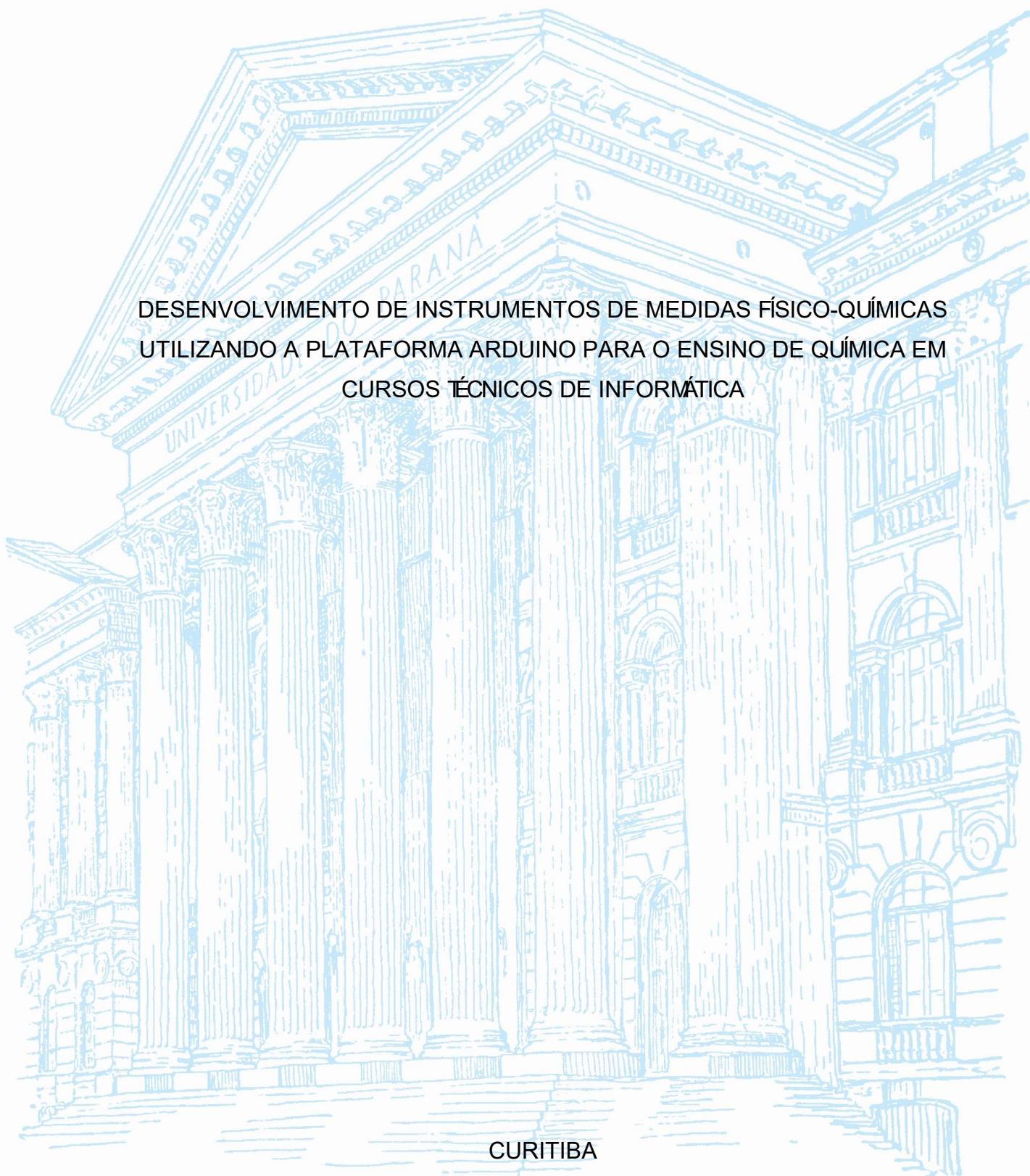
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

YURI LOPES ADIB SALOMÃO

DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS
UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM
CURSOS TÉCNICOS DE INFORMÁTICA

CURITIBA

2020



YURI LOPES ADIB SALOMÃO

DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS
UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM
CURSOS TÉCNICOS DE INFORMÁTICA

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo R. M. de Oliveira

CURITIBA

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S173d Salomão, Yuri Lopes Adib
Desenvolvimento de instrumentos de medidas físico-químicas utilizando a plataforma Arduino para o ensino de química em cursos técnicos de informática [recurso eletrônico] / Yuri Lopes Adib Salomão. – Curitiba, 2020.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, 2020.

Orientador: Alfredo Ricardo Marques Oliveira.

1. Química (Ensino médio). 2. Físico-química. 3. Arduino (Controlador programável). 3. Informática I. Universidade Federal do Paraná. II. Oliveira, Alfredo Ricardo Marques. III. Título.

CDD: 540

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO QUÍMICA EM REDE
NACIONAL - 31001017169P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em QUÍMICA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **YURI LOPES ADIB SALOMÃO** intitulada: **DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTOS DE MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO PARA O ENSINO DE QUÍMICA EM CURSOS TÉCNICOS DE INFORMÁTICA**, sob orientação do Prof. Dr. ALFREDO RICARDO MARQUES OLIVEIRA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 09 de dezembro de 2020.



ALFREDO RICARDO MARQUES OLIVEIRA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



GIOVANA GIOPPO NUNES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



ARANDI GINANE BEZERRA JUNIOR

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico esse trabalho a minha esposa Adelaine e aos meus filhos Dimitri e Isadora. Tudo que faço pensando em vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pela paciência e compreensão, em especial a minha esposa Adelaine pelas orações feitas em todas as viagens à Curitiba durante o período de aulas do mestrado.

Aos meus colegas do IFSC pelo incentivo e aos professores do PROFQUI pela dedicação ao trabalho que realizam, em especial à professora Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira pelas aulas tão desafiadoras.

Aos professores da minha banca, professor Arandi Ginane Bezerra Junior e professora Giovana Gioppo Nunes por aceitarem meu convite, contribuindo de forma significativa para a construção desse trabalho.

Ao meu orientador, prof. Alfredo Marques de Oliveira, por me mostrar um caminho tão mais fácil quanto divertido.

Agradeço a CAPES e a UFPR por proporcionar esse programa de pós-graduação e à prof.^a Orliney Guimarães pela orientação inicial.

Por fim, agradeço aos meus colegas do PROFQUI pela amistosa convivência, por compartilharem um pouco suas vidas e tornar os momentos que passamos juntos tão agradáveis.

“Nenhum homem realmente produtivo pensa como se estivesse escrevendo
uma dissertação”.
(Albert Einstein)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para o ensino de Química em cursos técnicos integrados de Informática, que pode ser ampliada para outras modalidades de ensino e outros cursos, utilizando o Arduino como recurso pedagógico na construção de instrumentos de medidas físico-químicas para comprovar a ocorrência de reações químicas. As diretrizes curriculares para o ensino médio e as pesquisas educacionais apontam para a elaboração de aulas em que os estudantes sejam figuras ativas no processo de aprendizagem, apropriando-se de conhecimentos significativos e, no caso específico do ensino profissionalizante, associados à atuação como profissional. A proposta metodológica foi materializada em um produto educacional contendo duas aplicações do Arduino em experimentos de Química, a construção de um termômetro e de um medidor de pH. Por meio de relatórios, discussão em sala de aula e observações do professor, foram coletadas as informações que permitiram avaliar o potencial didático do produto educacional vinculado a essa pesquisa.

Palavras-chave: Ensino de Química. Tecnologias de Informação e Comunicação. Metodologias ativas. Arduino. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

This work presents a proposal for a methodology for teaching Chemistry in integrated technical courses of Informatics, which can be extended to other teaching modalities and other courses, using Arduino as a pedagogical resource in the construction of physical-chemical measurement instruments to prove the chemical reactions. The curricular guidelines for high school and educational research point to the development of classes in which students are active figures in the learning process, appropriating significant knowledge and, in the specific case of vocational education, associated with acting as a professional. The methodological proposal was materialized in an educational product containing two applications of Arduino in chemistry experiments, the construction of a thermometer and a pH meter. Through reports, discussion in the classroom and observations of the teacher, information was collected that allowed the evaluation of the didactic potential of the educational product linked to this research.

Keywords: Chemistry teaching. Information and communication technologies. Active methodologies. Arduino. Interdisciplinarity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 METODOLOGIA	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NO ENSINO DE QUÍMICA	15
2.2 ARDUINO	16
2.3 O SENSOR DE TEMPERATURA MAX6675	19
2.4 O MÓDULO PARA LEITURA DE PH 4502C	20
2.5 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE FUSÃO DE UMA SUBSTÂNCIA	22
2.6 POTENCIAL HIDROGENÔNICO (pH)	24
2.7 O ELETRODO COMBINADO PARA MEDIDA DE PH	26
2.8 TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA EM NEUTRALIZAÇÃO ÁCIDO-BASE	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE UTILIZAÇÃO DO ARDUINO NO ENSINO DE QUÍMICA	29
3.2 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	31
3.2.1 Montagem e utilização do termômetro	31
3.2.2 Montagem e utilização do medidor de pH	33
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	34
4.1 UTILIZAÇÃO DO TERMÔMETRO CONSTRUÍDO PARA CARACTERIZAÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO	34
4.2 UTILIZAÇÃO DO MEDIDOR DE pH CONSTRUÍDO PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO DE EQUIVALÊNCIA DE UMA TITULAÇÃO	35
4.3 OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR-PESQUISADOR	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	38
REFERÊNCIAS	40
ANEXO 1 - PRODUTO EDUCACIONAL	42

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea tem exigido mudanças em vários aspectos da educação, especialmente o avanço da tecnologia sinaliza que métodos de ensino utilizados durante muitos anos precisam ser atualizados, considerando o acesso fácil à informação e os recursos tecnológicos disponíveis hoje em dia. Por mais que se avalie bem uma aula dada, é possível pensar que ela poderia ter sido melhor em um aspecto ou outro, talvez por isso as pesquisas em ensino de Química sugerem a diversificação dos recursos didáticos a fim de tornar as aulas mais interessantes aos estudantes e a Química mais próxima do contexto deles. O Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI, da instituição associada Universidade Federal do Paraná, representou uma oportunidade para desenvolver uma pesquisa científica na linha de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), apresentando o Arduino como ferramenta didática para o ensino de Química.

1.1 JUSTIFICATIVA

A modalidade Integrada de ensino tem sido prioridade na oferta da rede federal, conforme a lei de criação dos Institutos Federais nº 11.892 de 29 de dezembro de 2008 que diz “Observadas as finalidades e características definidas no art. 6º desta Lei, são objetivos dos Institutos Federais: I - ministrar educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente na forma de cursos integrados, para os concluintes do ensino fundamental e para o público da educação de jovens e adultos”. (BRASIL, 2008, art. 7)

A oferta de cursos técnicos na área de Informática tem crescido na mesma proporção da rede federal de ensino e corresponde a quase vinte e sete mil matrículas, considerando apenas as ofertas na modalidade Integrada e de acordo com dados de 2018 da Plataforma Nilo Peçanha, destinada à coleta, tratamento e publicação de dados oficiais da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Não bastasse a demanda quantitativa de estudantes na área de Informática o Ministério da Educação divulgou no início da década de 2000 as Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico para a área, em que aponta diretrizes qualitativas para o ensino, recomendando

A adoção de desenhos curriculares e de alternativas metodológicas inovadoras, dinâmicas, que substituam o modelo centrado nas aulas tradicionais, de forma quase que exclusiva ou com ênfase absoluta, por um ambiente pedagógico caracterizado por aulas operatórias, por workshops e oficinas nas quais os alunos trabalhem em projetos concretos e experimentais característicos da área, por oferecer espaços de discussão fundamentada do que está fartamente disponível para ser ouvido, visto e lido no mundo fora do espaço escolar, por seminários e palestras com profissionais atuantes, por visitas culturais e técnicas. (MEC, 2000, p. 9)

Em especial a comunidade escolar beneficiada com o desenvolvimento do recurso didático alvo dessa pesquisa está inserida em uma microrregião conhecida pelo grande número de empresas na área de Tecnologia da Informação e Comunicação e também na área de Química. O Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Informática do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) campus Gaspar menciona tais arranjos produtivos.

Esta área apresenta especial relevância para o campus Gaspar, visto que o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), em especial a indústria de software, representa uma importante atividade econômica desenvolvida na microrregião. Ainda, é importante destacar o grande crescimento médio anual das empresas da área, que gira em torno de 20% ao ano (BLUSOFT, 2010), e a grande demanda existente por profissionais de TI na região. (IFSC, 2018, p. 108)

Nesse cenário surgiu a ideia de desenvolver um projeto para ensino de Química nos cursos técnicos de Informática utilizando a Plataforma Arduino para a construção de instrumentos de medidas físico-químicas. O Arduino é uma espécie de mini computador capaz de controlar sensores e fornecer dados com grande precisão de forma simples e barata. A comunicação com o Arduino é feita por meio de linguagem de programação específica, baseada na linguagem C++, que faz parte do currículo dos cursos na área de Informática, como no IFSC Gaspar.

1.2 OBJETIVOS

Considerando as demandas apresentadas, a presença da Química como unidade curricular em todos os cursos técnicos integrados, uma vez que estes devem contemplar as bases nacionais curriculares, e o grande interesse pessoal na área de programação, identificou-se uma possibilidade de pesquisa das quais os objetivos são apresentados a seguir.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial didático da utilização da plataforma Arduino no ensino de Química para Cursos Técnicos em Informática.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i) Construir um medidor de pH e um termômetro utilizando a plataforma Arduino;
- ii) Avaliar a precisão desses instrumentos em experimentos de Química;
- iii) Avaliar o potencial didático da utilização dos instrumentos de medida construídos na comprovação da ocorrência de transformações químicas.

Os próximos capítulos dessa dissertação apresentam a revisão de literatura que fundamenta os conceitos envolvidos no trabalho, a metodologia desenvolvida na pesquisa, os resultados e a análise de dados coletados e as conclusões do estudo realizado no campus Gaspar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

1.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é qualitativa do tipo pesquisa-ação, que segundo Kemmis *et al.* (1988, p. 174) é definida como uma forma de pesquisa coletiva, auto reflexiva, empreendida por participantes de situações sociais ou educativas, assim como a sua compreensão em relação a tais práticas e as situações em que ocorrem. Os participantes podem ser professores, alunos, diretores, pais e outros membros da comunidade, isto é, qualquer grupo que partilhe uma preocupação, um objetivo. É uma pesquisa

colaborativa, porém, é importante enfatizar que esta ação colaborativa depende de que cada indivíduo examine criticamente suas próprias ações.

A proposta metodológica desta pesquisa foi dividida em duas etapas:

- i) Levantamento bibliográfico sobre pesquisas que abordem a utilização da plataforma Arduino no ensino de ciências em nível de ensino médio;
- ii) Aplicação do produto educacional, orientando os estudantes na construção de um termômetro eletrônico e um medidor de pH utilizando a plataforma Arduino e testando cada instrumento em procedimentos experimentais nas aulas de Química;

A coleta de dados será realizada por meio de relatórios, discussão de resultados e observações do professor e, ao final das duas etapas, pretende-se dimensionar, considerando a delimitação da pesquisa, o potencial didático da utilização do Arduino no aprendizado de Química.

O campo de estudo da pesquisa foi uma turma de terceira fase do Curso Técnico Integrado em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), campus Gaspar, cuja escolha se baseou na possibilidade de interdisciplinaridade entre as unidades curriculares de Química e Programação e no fato do autor desta pesquisa ser docente da instituição. A turma era composta de 24 estudantes que foram divididos em seis grupos para a realização do projeto. Cada grupo deveria montar os instrumentos (termômetro e pHmetro), um de cada vez, testando-os em experimentos realizados no laboratório de Química. Todas as atividades foram realizadas nas próprias aulas de Química e de Programação durante um período de, aproximadamente, dois meses, com carga horária semanal de 6 horas para Química e 2 horas para Programação, sem necessidade de carga horária extraclasse.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) NO ENSINO DE QUÍMICA

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) há uma grande diferença entre o currículo praticado nas escolas e aquele proposto por pesquisadores em ensino de Química. Mesmo com todo o material produzido em encontros regionais e nacionais da área de ensino, com o objetivo de melhorar a Educação Básica no país, os efeitos na prática ainda não são satisfatórios.

Sobre a Química no ensino médio os PCNEM estabelecem que

A proposta apresentada para o ensino de Química nos PCNEM se contrapõe à velha ênfase na memorização de informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados da realidade dos alunos. Ao contrário disso, pretende que o aluno reconheça e compreenda, de forma integrada e significativa, as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos em diferentes contextos, encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola. (MEC, 2006, p. 109)

Diante dessas orientações o uso de TIC ganha campo para atuar no ensino de qualquer área. Na Química, em especial, diversos trabalhos na área foram divulgados ao longo dos últimos anos servindo de apoio e incentivo à aplicação de novas metodologias de ensino.

Segundo artigo de 2015 da revista Tecnologias na Educação, contendo a análise de trabalhos divulgados nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ) e nos Encontros de Debates Sobre Ensino de Química (EDEQ) de 2009 a 2014, foram identificados 125 trabalhos sobre TIC divididos em cinco categorias: propostas para ensino de Química (67), experimentação (11), formação de professores (18), pesquisa exploratória (19) e outros (10).

Em 2017 uma revisão de publicações ao longo de vinte anos nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), maior congresso da área em língua portuguesa, identificou tendências da produção brasileira sobre robótica

educacional no ensino de ciências. Esse estudo aponta para o grande potencial desse recurso pedagógico.

Adicionalmente, também encontramos que as investigações foram conduzidas com estudantes do ensino fundamental e médio, tendo como principal objetivo promover a aprendizagem de conceitos científicos das áreas de química, física e biologia. Nessa perspectiva, os pesquisadores utilizaram, principalmente, Arduino e Lego Mindstorms, dada a sua fácil manipulação e baixo custo. Isso evidenciou a potencialidade da robótica educacional como um recurso pedagógico que pode ser incorporado nas aulas de ciências em todos os níveis de ensino e em uma ampla gama de conteúdos. (LINS *et al*, 2017, p. 7)

A utilização da plataforma Arduino, portanto, representa uma forma de materializar alguns elementos da pesquisa educacional, particularmente aqueles que apontam para a importância do uso de tecnologias em geral e, em particular, de robótica, realizada ao longo dos últimos anos em projetos de ensino aplicáveis em sala de aula.

2.2 ARDUINO

O Arduino é um microcontrolador que pode ser programado para receber dados de sensores ligados a ele, processar estes sinais e comandar atuadores a executarem algum comando. É uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardwares e softwares fáceis de usar (ARDUINO, 2019). Operando em tensão máxima de 5 V e uma corrente máxima de 500 mA, pode ser ligado a LEDs, sensores, motores, receptores e demais componentes para executar as mais diversas funções. A FIGURA 1 apresenta a imagem de um dos vários modelos de Arduino, em especial o que foi utilizado no projeto.

FIGURA 1: PLACA ARDUINO



FONTE: Arduino (2019)

O projeto Arduino, segundo um de seus cofundadores, se baseou no conceito de computação física.

A computação física utiliza elementos de eletrônica na prototipagem de novos materiais para designers e artistas. (...) No passado, o uso de elementos de eletrônica significava que teríamos de lidar com engenheiros o tempo todo e criar circuitos desenvolvendo um componente de cada vez; esses problemas faziam com que pessoas criativas deixassem de se envolver diretamente com o meio. (...) O progresso que fizemos com o Arduino significa que aproximamos essas ferramentas do iniciante, permitindo que essas pessoas construam seus próprios projetos depois de apenas dois ou três dias de trabalho. (BANZI, 2011, p. 19)

Para estabelecer comunicação com a placa Arduino é necessário conectá-la a um computador que contenha uma IDE (*Integrated Development Environment*) específica e disponível no próprio endereço eletrônico da empresa responsável pela plataforma (<http://www.arduino.cc>). Esse ambiente virtual de desenvolvimento permite escrever programas na linguagem C que serão interpretados pela placa e executados por ela ou por quaisquer componentes corretamente conectados a ela.

É possível encontrar no mercado uma série de sensores/atuadores compatíveis com o Arduino e que vão permitir o desenvolvimento de um projeto de automação. Esses componentes podem ser adquiridos individualmente ou na forma de *kits*. O QUADRO 1 apresenta alguns desses componentes e seus respectivos custo.

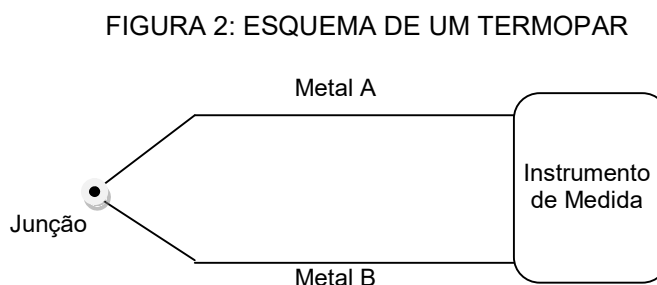
QUADRO 1: SENSORES E MÓDULOS ARDUINO

Componente	Imagem	Custo (menor preço pesquisado em novembro de 2020)
Arduino UNO		R\$ 34,89
Kit Sensor de temperatura		R\$ 27,00
Módulo para leitura de pH		R\$ 73,90
Eletrodo de pH		R\$ 109,77
<i>Buzzer</i> (emissor de sinal sonoro)		R\$ 7,49
Sensor de luz		R\$ 0,90
Sensor de som		R\$ 8,50

FONTE: Arduoeleetro.com (2020)

2.3 O SENSOR DE TEMPERATURA MAX6675

Termopares são sensores de temperatura constituídos de dois metais diferentes unidos por uma das extremidades (junção). Quando unimos as pontas de dois fios de metais diferentes e submetemos essa junção a uma variação de temperatura, observa-se uma diferença de potencial entre os metais, causada pelo efeito termoeletrico ou efeito de *Seebeck*, nome dado em homenagem ao físico Thomas Seebeck que em 1822 descobriu acidentalmente esse fenômeno. A junção pode ser obtida soldando-se as pontas dos fios por meio de um arco elétrico sem envolver outro material. A FIGURA 2 ilustra o esquema simplificado de um termopar.

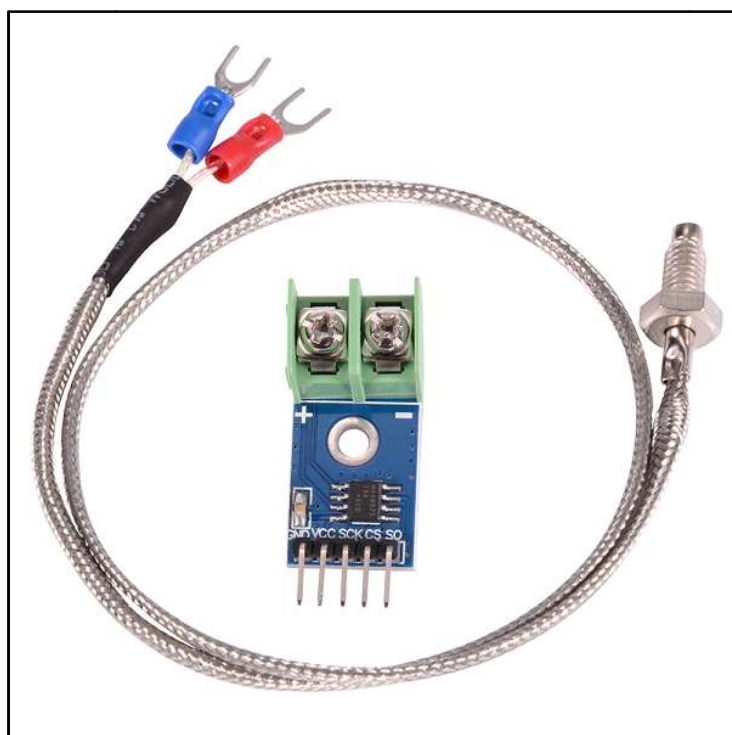


FONTE: Autor (2020)

A diferença de potencial entre as extremidades livres dos dois fios é justamente a leitura que o sensor registra e converte para unidades de temperatura. A leitura de temperatura de um termopar não é linear e nem contínua, por isso precisamos de um circuito integrado para processar o sinal da sonda.

O termopar MAX6675 (FIGURA 3) foi desenvolvido pela empresa MAXIM INTEGRATED, sediada na Califórnia, Estados Unidos, e consiste na junção de alumínio e cromo (junção tipo K), permitindo leituras de temperaturas entre 0 °C e 1024 °C, com resolução de 0,25 °C e precisão de $\pm 1,5$ °C.

FIGURA 3: SENSOR MAX6675



FONTE: blogmasterwalkershop.com.br (2020)

2.4 O MÓDULO PARA LEITURA DE PH 4502C

As leituras realizadas pelo Arduino ocorrem na faixa de 0 a 5 volts. Para que o módulo PH-4502C associe corretamente a medida em volts à escala de pH é necessário calibrá-lo. A calibração, ilustrada no anexo contendo o produto educacional, é feita no potenciômetro do módulo, relacionando o pH 7 à leitura de 2,5 volts. Em seguida, para determinarmos a relação volt/pH, fazemos uma leitura em solução de pH conhecido (padrão), pois o Arduino precisa ser programado para associar corretamente a faixa de operação em volts com a escala de pH. O algoritmo consiste em relacionar, de forma proporcional, as variações das duas faixas (volt e pH). Se utilizarmos uma solução padrão de pH 4, por exemplo, e a leitura do sensor for de 3,05 volts, teremos a seguinte relação:

$$\text{Variação em volt} = |2,5 - 3,05| = 0,55$$

$$\text{Variação de pH} = |4,0 - 7,0| = 3,0$$

$$\text{Relação volt/unidade de pH} = 0,55 \div 3,0 = 0,18$$

Dessa forma o Arduino realiza a conversão das leituras em volt para a escala de pH partindo sempre do valor 7, como mostra a equação abaixo, que faz parte do código de programação detalhado no produto educacional.

$$pH = 7 + \frac{2,5 - ddp}{r}$$

Onde:

ddp = leitura do sensor em volt

r = relação volt/unidade de pH

Isso significa que leituras maiores do que 2,5 volts indicam meio ácido, caso contrário indicam meio básico.

O módulo PH-4502C (FIGURA 4), distribuído pela empresa DIY MORE, realiza a leitura digital (0 a 1024 bits) obtida por meio de uma sonda de pH. Utilizando um código de programação essa medida pode ser convertida em volts e associada a um valor de pH.

FIGURA 4: MÓDULO PH-4502C E SONDA DE PH



FONTE: autocorrobotica.com.br (2020)

2.5 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE FUSÃO DE UMA SUBSTÂNCIA

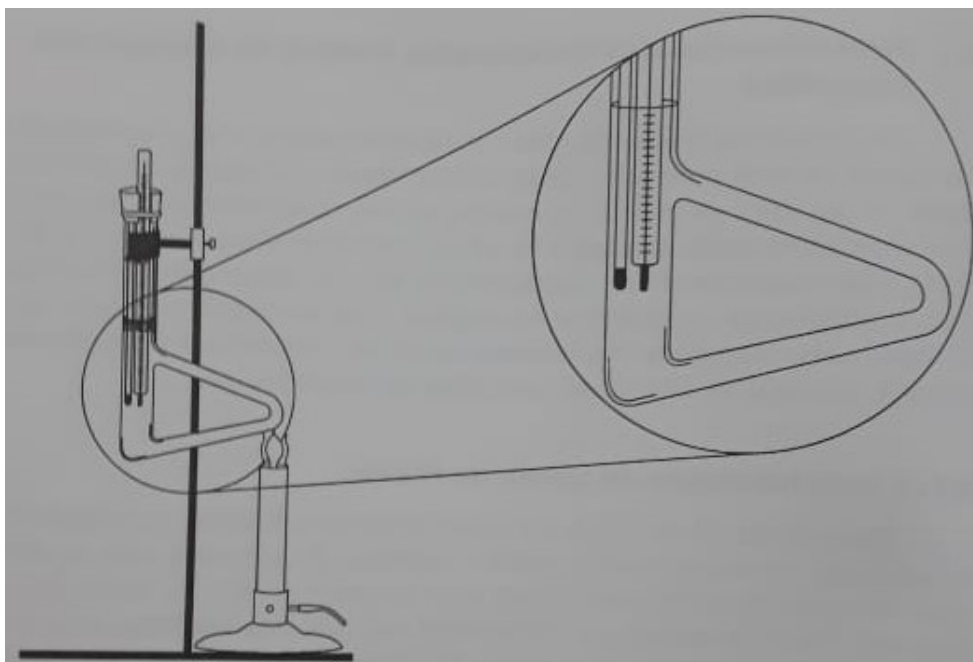
De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), o ensino de Química deve ser estruturado sobre o tripé: constituição, propriedades e transformações da matéria.

As propriedades físicas de uma substância são características específicas que podem ser medidas sem alterar a composição do material em análise e podem ser utilizadas para sua caracterização.

O ponto de fusão é a temperatura em que um sólido funde, entretanto, como é muito difícil controlar o aquecimento de forma homogênea, é aceitável uma variação de 0,5 a 1,0 °C no registro da temperatura de fusão de uma amostra pura. O processo de fusão é um equilíbrio entre a fase sólida e a fase líquida de uma substância e, enquanto houver tal equilíbrio, a temperatura permanece constante. Isso ocorre porque toda a energia absorvida, na forma de calor latente, é utilizada na mudança de estado físico. Quando todo o material fundir, mantendo-se o aquecimento, a temperatura aumenta.

Para a determinação do ponto de fusão de um sólido orgânico a aparelhagem de *Thiele* pode ser utilizada, conforme esquema apresentado na FIGURA 5.

FIGURA 5: APARELHAGEM DE THIELE



Fonte: Guia Prático de Química Orgânica (2004)

O aquecimento do sistema é feito no braço do tubo de *Thiele* contendo óleo mineral, vaselina ou glicerina, o que promove uma corrente de convecção que homogeneiza a temperatura ao longo do tubo. Um termômetro e um capilar contendo a amostra a ser analisada são introduzidos no tubo por meio de uma rolha chanfrada, de modo a evitar o contato com as paredes do tubo e interferências na medida.

Outros equipamentos podem ser utilizados para a determinação do ponto de fusão e apresentam princípios semelhantes entre si, pois possuem sistema elétrico de aquecimento e lentes de aumento acopladas.

O experimento consiste nas seguintes etapas:

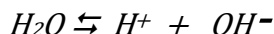
- a. Selagem de uma das extremidades de um capilar na chama de um bico de gás;
- b. Introdução da amostra na outra extremidade do capilar até 1 cm de altura aproximadamente;
- c. Fixação do capilar contendo a amostra a um termômetro por meio de um elástico, de modo que o bulbo do termômetro coincida com a extensão do material;
- d. Introdução do conjunto capilar/termômetro no tubo de *Thiele* por meio de uma rolha chanfrada e furada de modo que o bulbo do termômetro fique numa altura entre os braços do *Thiele*;
- e. Aquecimento brando do sistema até a fusão do material, que é evidenciada quando os cristais da amostra ao derreterem se juntam formando gotas;
- f. Registro da temperatura de início e término da fusão.

Esse método é viável apenas para materiais com pontos de fusão inferiores ao ponto de ebulição do líquido utilizado no aquecimento.

2.6 POTENCIAL HIDROGENÔNICO (pH)

O conceito de pH faz parte do conhecimento químico que nos ajuda a interpretar os mais variados fenômenos da natureza. É fundamental no estudo dos aspectos dinâmicos das transformações da matéria (PCNEM, 2006).

A água pura apresenta baixíssimo grau de ionização resultado do processo representado pela equação



$$K = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]}$$

Como o valor da constante K é muito pequeno, da ordem de 10^{-16} a 25 °C, comparado à concentração de água ($55,6 \text{ mol.L}^{-1}$), esses valores podem ser multiplicados, gerando uma nova constante denominada produto iônico da água (K_w), cujo valor é $1,01 \times 10^{-14}$ a 25 °C.

O produto iônico da água é constante a uma dada temperatura não só em água como em soluções aquosas diluídas, o que significa que a adição de um ácido ou de uma base altera as quantidades relativas entre os íons H^+ e OH^- , definindo o caráter ácido-base do meio.

$[H^+] = [OH^-] \rightarrow$ meio neutro

$[H^+] > [OH^-] \rightarrow$ meio ácido

$[H^+] < [OH^-] \rightarrow$ meio básico

Em Química frequentemente lidamos com baixas concentrações hidrogeniônicas e para tornar mais cômoda a expressão de valores, evitando números com potências de dez negativas, Sørensen (1909) introduziu o conceito de pH, definido como

$$pH = -\log [H^+]$$

Dessa definição temos:

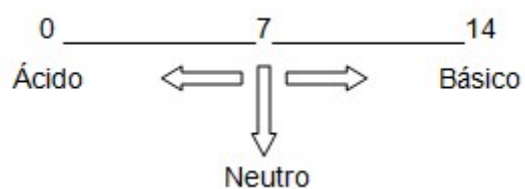
$pH = 7 \rightarrow$ solução neutra

$pH < 7 \rightarrow$ solução ácida

$pH > 7 \rightarrow$ solução básica

Como os valores de pH de soluções aquosas diluídas permanece entre 0 e 14, podemos ilustrar essa escala na FIGURA 6.

FIGURA 6: ESCALA DE pH

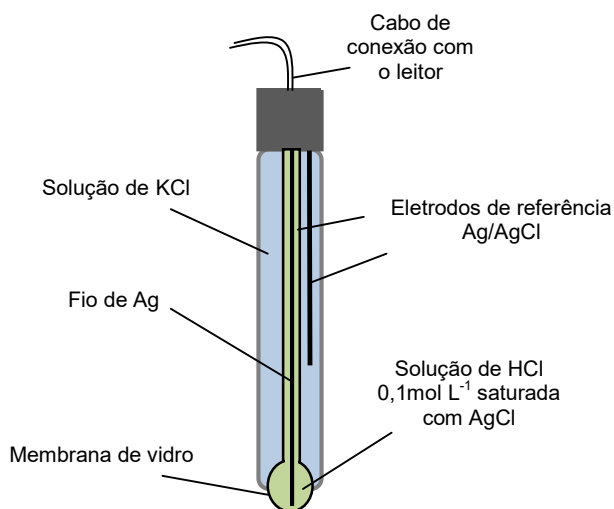


Fonte: autor

2.7 O ELETRODO COMBINADO PARA MEDIDA DE PH

O eletrodo combinado (FIGURA 7) consiste de uma membrana de vidro em forma de bulbo selada na parte inferior de um tubo de plástico ou de vidro. Dentro do bulbo existe uma solução de ácido clorídrico diluído misturado com solução saturada de cloreto de prata e um fio de prata, que é conectado ao instrumento de medida.

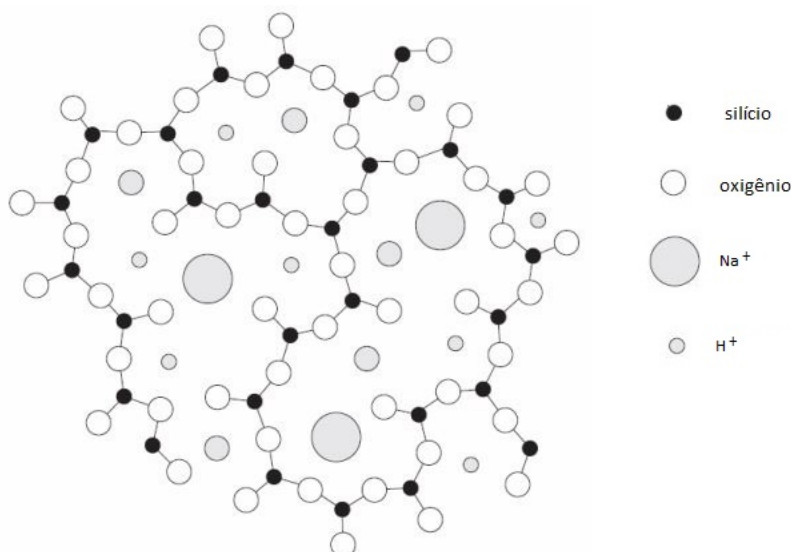
FIGURA 7: ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UM ELETRODO COMBINADO DE VIDRO



Fonte: O autor (2020)

A composição do vidro que constitui a membrana é variável, porém a mais comum é 22% de Na_2O , 6% de CaO e 72% de SiO_2 . Essa membrana é sensível à presença de íons H^+ até pH próximo de 9, a partir daí, como a concentração de H^+ é muito pequena quando comparada a de cátions Na^+ , ocorre o que chamamos de erro alcalino. Para torná-la mais sensível, os íons Na^+ e Ca^{2+} são substituídos por íons Li^+ e Ba^{2+} . A estrutura do silicato da membrana (FIGURA 8) corresponde a uma rede tridimensional infinita de SiO_4^{4-} , na qual o átomo de silício se liga a quatro átomos de oxigênio. Nos interstícios da estrutura cátions com carga unitária em mobilidade e respondem pela condutividade elétrica dentro da membrana.

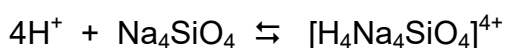
FIGURA 8: REDE CRISTALINA DA MEMBRANA DE VIDRO



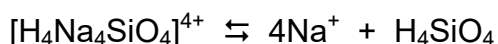
Fonte: Skoog (2014)

Para indicar a presença de H⁺ a membrana deve conduzir eletricidade e isso envolve o movimento do íon sódio através da solução interna do bulbo, o que altera a força eletromotriz da célula Ag/Ag⁺//AgCl. O processo pode ser representado pelas equações:

Interface entre membrana e analito



Interface entre membrana e a solução interna



A composição destes dois equilíbrios é determinada pela atividade dos íons hidrogênio em cada lado da membrana, o que gera uma diferença de potencial entre as interfaces que serve de parâmetro para a análise.

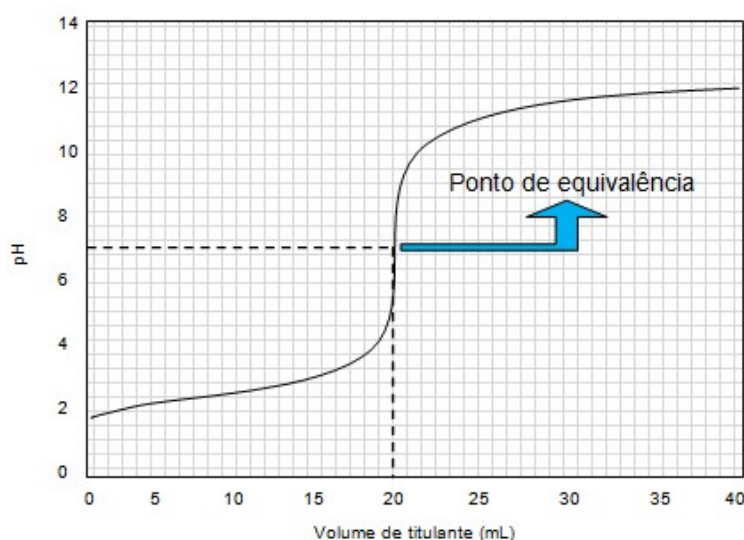
2.8 TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA EM NEUTRALIZAÇÃO ÁCIDO-BASE

A titulação é um procedimento realizado para se medir a quantidade de determinada substância, que é chamada de analito, presente em uma amostra na qual se adiciona um reagente, denominado titulante, cuja concentração é conhecida e que reage completamente com o analito. Uma maneira de se realizar a titulação é utilizar

uma bureta para dispensar o titulante na amostra contida em um erlenmeyer ou bécher, enquanto as mudanças de cor ou pH são avaliadas a fim de se verificar quando o analito foi completamente consumido pelo titulante. Em especial numa titulação ácido-base utiliza-se a reação entre um ácido e uma base para se determinar a quantidade de um analito.

O gráfico pH *versus* volume de titulante permite determinar o ponto em que a completa neutralização ocorreu. Esse ponto é chamado de ponto de equivalência e pode ser observado no GRÁFICO 1, que representa uma curva de titulação genérica.

GRÁFICO 1: CURVA DE TITULAÇÃO GENÉRICA

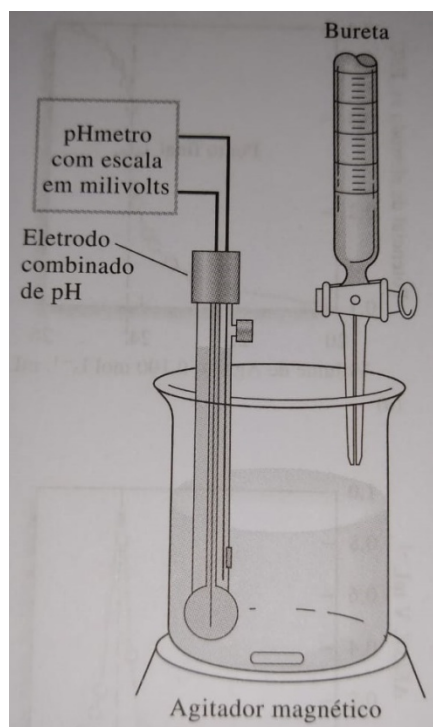


Fonte: o autor (2020)

A titulação potenciométrica aplicada a uma reação ácido-base é um método de análise em que medimos o potencial de um eletrodo indicador, à medida que uma solução ácida é neutralizada por uma solução básica padrão. Nesse tipo de análise o instrumento de medida mostra o ponto final da neutralização, atuando como se fosse um indicador químico, mas fornecendo uma precisão maior, além de serem especialmente úteis para analisar soluções que apresentam cor ou turbidez.

Na operacionalização do método, uma pessoa é responsável pelo registro do potencial medido pelo instrumento após cada adição de solução titulante, cujos volumes são maiores no início e reduzem à medida que se aproxima do ponto final. A FIGURA 9 ilustra o sistema.

FIGURA 9: SISTEMA DE TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA



Fonte: Skoog (2014)

Por mais que se tente obter uma estimativa exata para o ponto de equivalência, algum erro sistemático pode ser associado à medida. A diferença entre o volume estequiométrico de titulante necessário à total neutralização e o volume medido experimentalmente é chamado de erro de titulação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A proposta metodológica desta pesquisa foi dividida em duas etapas:

- Pesquisa bibliográfica sobre utilização do Arduino no ensino de Química;
- Elaboração e aplicação do produto educacional;

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE UTILIZAÇÃO DO ARDUINO NO ENSINO DE QUÍMICA

Uma pesquisa em plataformas de divulgação de trabalhos acadêmicos, tais como o catálogo de teses e dissertações das CAPES, o Google Acadêmico e o site do

PROFQUI, mostra uma infinidade de trabalhos sobre Arduino no ensino de ciências, entretanto a maioria é dirigida a cursos de graduação ou a outras áreas do conhecimento que não a Química, muitas delas relacionadas à Física. A mesma pesquisa revela que a existência de trabalhos envolvendo a aplicação do Arduino como recurso didático no ensino de Química em nível médio regular ou profissionalizante é quase nula.

O QUADRO 2 apresenta a relação de alguns trabalhos que abordam a utilização do Arduino e divulgados nas plataformas mencionadas anteriormente.

QUADRO 2: TRABALHOS SOBRE ADUINO

Título	Autor	Ano	Instituição
Segurança hídrica no município de Humaitá-AM com aplicação do Arduino	COSTA, Tayson Antonio Ceron Rodrigues da	2019	UFAM
Propostas de montagens experimentais com Arduino para o estudo de controle na Engenharia Química	SILVA, Vinícius Neves	2019	UFU
Controle de temperatura de um processo fotocatalítico com uso da plataforma Arduino	DUARTE, Bruce Paiva	2019	UTFPR
Tecnologia assistiva para alunos com deficiência visual: medição de volume em aulas laboratoriais de química	LIMA, Felipe dos Santos et. Al.	2019	UFMA
Desenvolvimento de pHmetro de baixo custo com plataforma Arduino	DINIZ, Letícia Bezerra Sousa	2019	IFPB
Projeto robótica educacional como ferramenta didática	AGUIAR, Deymes Silva de	2018	IFPI
Desenvolvimento de um Sensor Óptico de Baixo Custo para Monitoramento On-line e In-situ de Biomassa Microbiana	NASCIMENTO, Isabella Cristina Silva do	2019	UFRJ
Desenvolvimento de titulador automático baseado na Plataforma open source Arduino como ferramenta Investigativa no ensino de química	ITERLANDES, Machado Junior	2019	UFV

Fonte: CAPES, Google Acadêmico e PROFQUI (2020)

A existência de poucos trabalhos sobre as aplicações do Arduino no ensino de Química em nível médio faz desta pesquisa, assim como a do professor Iterlandes Machado Junior (PROFQUI-UFV 2019) e da professora Letícia B. S. Diniz (IFPB 2019), mais uma referência na abordagem do Arduino como ferramenta didática e abre

caminho para o desenvolvimento de novas propostas na área das TICs que contribuam para tornar o ensino de Química mais significativo e contextualizado, conforme preconizam as Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico e os Parâmetros Curriculares Nacionais.

3.2 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional detalha o desenvolvimento de dois projetos de ensino utilizando o Arduino, um para a construção de um termômetro com aplicação na caracterização do Ácido Acetilsalicílico por determinação do ponto de fusão e outro para a construção de um medidor de pH com aplicação no monitoramento de uma titulação ácido-base. Os roteiros dos experimentos estão detalhados no produto educacional em anexo a essa dissertação. Ambos os projetos foram divididos em três etapas: montagem dos instrumentos, programação do Arduino e aplicação dos instrumentos.

É possível utilizar um termômetro e um medidor de pH comerciais para realizar as medidas propostas nos experimentos, porém, a construção desses instrumentos e programação do Arduino é que dão significado e contexto aos projetos, já que o campo de pesquisa envolve estudantes da área de informática, que têm a programação de sistemas como prática comum no universo de trabalho, conforme a descrição de habilidades e competências observadas no projeto de curso da instituição.

3.2.1 MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DO TERMÔMETRO

Inicialmente os estudantes pesquisaram tutoriais e códigos de programação para o funcionamento do termômetro. Essa pesquisa e as experiências de alguns com o Arduino os levaram, de forma autônoma, a um aplicativo online para simulação de códigos de programação chamado Tinkercad, onde é possível montar um termômetro virtual, digitar um código Arduino e verificar se o equipamento funcionaria em condições reais.

Numa segunda etapa, realizada em laboratório de informática, cada grupo recebeu um Arduino, um sensor de temperatura e materiais para conexão (cabos, placas de conexão, etc.), além de um computador do próprio laboratório. Nessa etapa os estudantes construíram o termômetro conforme haviam simulado anteriormente no aplicativo online.

Finalmente, no laboratório de Química, cada grupo testou o termômetro construído na caracterização do ácido acetilsalicílico pelo ponto de fusão. A FIGURA 10 apresenta a adaptação feita a partir do método de Thiele em que o termômetro e o tudo de Thiele são substituídos pelo termopar e por um bécher sobre chapa de aquecimento. A adaptação foi necessária por causa do diâmetro do sensor e problemas no sistema de gás do laboratório.

FIGURA 10: ADAPTAÇÃO DO SISTEMA DE DETERMINAÇÃO DO PONTO DE FUSÃO



Fonte: o autor 2019

A escolha do ácido acetilsalicílico foi feita, porque o ponto de fusão desse material é relativamente baixo, quando comparado a compostos inorgânicos, o que viabiliza a utilização das vidrarias e equipamentos escolhidos, além de não comprometer a segurança dos estudantes. Além disso, a síntese do composto é um procedimento simples, comum em aulas de Química e apresenta um ótimo rendimento.

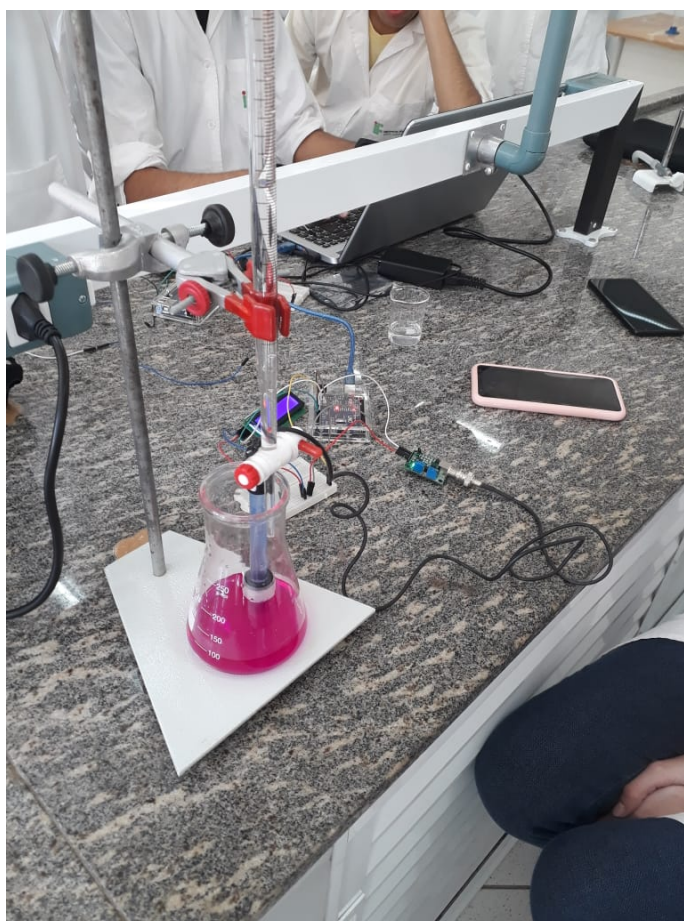
3.2.2 MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DO MEDIDOR DE PH

Não há simulação para medidor de pH no Tinkercad, portanto os estudantes procuraram na internet por tutoriais e códigos de programação. Após desenvolverem o

código final montaram o instrumento e o calibraram. A calibração foi feita de forma mecânica conforme tutorial e está descrita no produto educacional.

No laboratório de Química cada grupo realizou uma titulação ácido-base e utilizou o instrumento construído para monitorar o pH da solução titulada. A FIGURA 11 mostra a realização da titulação ácido-base por um dos grupos de estudantes.

FIGURA 11: TITULAÇÃO ÁCIDO-BASE



Fonte: o autor 2019

A escolha da fenolftaleína como indicador foi feita por causa da coloração intensa no ponto de viragem e da facilidade de acesso ao reagente. A solução de fenolftaleína, inicialmente incolor, apresenta cor rosa/vermelho em pH próximo de 8, sendo assim não seria indicada para determinação do ponto de equivalência da titulação ácido-base proposta no experimento, entretanto a mudança de cor se faz necessária para reforçar a evidência de reação química e permitir a comparação entre os métodos de análise (indicador e potenciométrico).

Não fez parte do objetivo do experimento traçar o gráfico de titulação nem determinar erro sistemático, uma vez que se pretendia apenas comparar as indicações do ponto de equivalência entre a fenolftaleína e o pHmetro.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 UTILIZAÇÃO DO TERMOMETRO CONSTRUÍDO PARA CARACTERIZAÇÃO DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO

A TABELA 1 mostra os resultados obtidos pelos grupos na determinação do ponto de fusão de uma amostra do material produzido no experimento de síntese do ácido acetilsalicílico.

TABELA 1 – FAIXA DE PONTO DE FUSÃO DA AMOSTRA

Grupo	Faixa de ponto de fusão em °C
1	135 - 139
2	136 - 140
3	138 - 141
4	139 - 142
5	130 - 134
6	132 - 136

FONTE: O autor (2019).

A síntese do ácido acetilsalicílico foi realizada a partir da reação do ácido salicílico com anidrido acético e ácido sulfúrico concentrado, sob agitação e aquecimento a 50 °C até precipitação. Após resfriamento, adicionou-se água gelada para decompor o excesso de anidrido acético, seguido de filtração a vácuo. A secagem do material foi realizada em estufa a 50 °C. A purificação não foi necessária, pois a síntese em questão é uma prática comum nos laboratórios de Química e o produto nela obtido apresenta grau de pureza suficiente para o objetivo proposto.

Considerando o valor esperado ou valor encontrado na literatura para o ponto de fusão do ácido acetilsalicílico, que é de 135 °C, os valores obtidos no

experimento permitiram aos estudantes concluir, durante discussão dos resultados em sala de aula, que houve conversão do ácido salicílico, cujo ponto de fusão é aproximadamente 159 °C, em ácido acetilsalicílico. Ainda questionados sobre a diferença entre o valor esperado para o ponto de fusão do ácido acetilsalicílico e o valor medido no experimento, a maioria dos estudantes apontou o grau de pureza como principal motivo, seguido de precisão do termômetro e eventuais erros de leitura, como por exemplo, o tempo entre o registro da temperatura e a observação da fusão.

A partir dos resultados observou-se uma variação de mais ou menos 5 °C em relação a temperatura de fusão relatada na literatura. As faixas de temperatura apresentam certa diferença entre os grupos porque cada um deles realizou sua própria síntese.

4.2 UTILIZAÇÃO DO MEDIDOR DE pH CONSTRUÍDO PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO DE EQUIVALÊNCIA DE UMA TITULAÇÃO

A TABELA 1 mostra os resultados obtidos pelos grupos no monitoramento do pH da titulação de uma solução de ácido clorídrico com hidróxido de sódio até a mudança de cor da solução titulada.

TABELA 2 – pH NA MUDANÇA DE COR

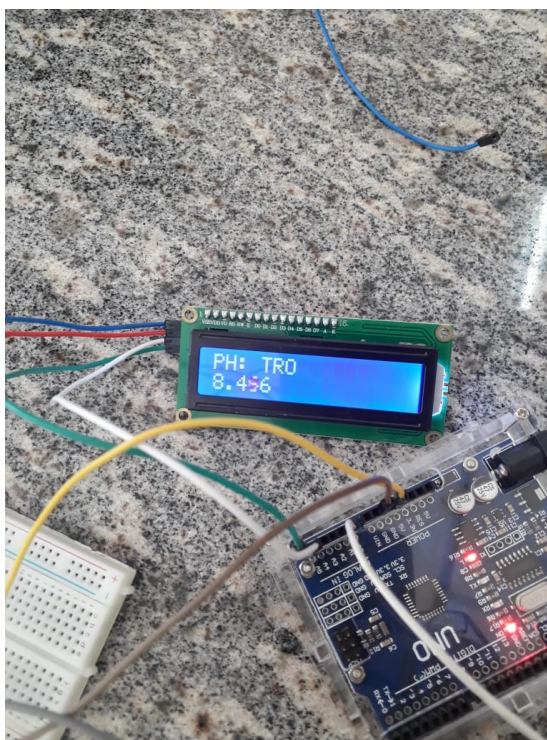
Grupo	pH na viragem do indicador
1	7,5
2	8,4
3	7,7
4	7,4
5	7,6
6	7,5

FONTE: O autor (2019).

Os resultados obtidos no experimento permitiram aos estudantes concluir, durante discussão dos resultados em sala de aula, que o pHmetro construído com o Arduino se mostrou mais preciso na determinação do ponto de equivalência do que o

indicador fenolftaleína, uma vez que a mudança de cor ocorreu quando o pH da solução titulada estava acima de 7, como mostra a FIGURA 12.

FIGURA 12: pH DE VIRAGEM GRUPO 2



FONTE: O autor (2019).

4.3 OBSERVAÇÕES DO PROFESSOR-PESQUISADOR

Durante a aplicação do produto educacional foram feitas observações pelo professor-pesquisador, no diário de campo no intuito de avaliar as reações dos estudantes diante da proposta apresentada. Essas observações podem ser divididas em três fases: o lançamento da proposta e organização do trabalho, a construção e teste do termômetro e a construção e teste do pHmetro.

Ao conhecerem a proposta de trabalho duas reações foram observadas na turma, alguns estudantes demonstraram curiosidade e certa empolgação, enquanto outros se mostraram receosos e preocupados. Essa diferença só foi compreendida após se conhecer o real interesse dos estudantes pela Informática e o nível de aprofundamento desses estudantes em programação, pois apesar de estarem matriculados em curso técnico na área, alguns desses estudantes não se identificam totalmente com o curso e não desenvolvem tão bem as habilidades de programação.

A construção do termômetro foi relativamente rápida e não trouxe grandes dificuldades, uma vez que o conhecimento específico para lidar com o Arduino foi trabalhado de forma interdisciplinar com a unidade curricular de programação. Mesmo com algumas limitações observadas naqueles estudantes com pouco interesse no assunto, os termômetros ficaram prontos em uma semana.

O experimento escolhido para testar os termômetros foi a síntese e caracterização do ácido acetilsalicílico. Foram necessários dois encontros de 110 minutos cada um para a síntese e determinação do ponto de fusão, durante os quais os estudantes se mostraram bem à vontade e interessados nos procedimentos. Para aquele grupo foi a primeira vez em que a aplicação de uma ferramenta típica de informática como Arduino foi realizada num laboratório de Química.

Os pHmetros exigiram uma pouco mais de paciência por parte dos estudantes, pois o custo dos sensores é elevado e foi possível adquirir apenas dois exemplares. Dessa forma três grupos tiveram que compartilhar um mesmo módulo de pH. Dessa vez a parte de programação não foi um problema e os pHmetros estavam prontos em um encontro de 110 minutos.

Para testar os pHmetros cada grupo realizou uma titulação monitorando o pH da solução titulada. Todos os grupos conseguiram observar a viragem do indicador e perceberam que o Arduino já indicava neutralidade antes da mudança de cor.

Após a realização dos dois projetos os estudantes manifestaram satisfação com o trabalho, principalmente porque as aulas de Química foram mais interessantes do que as aulas tradicionais com as quais estavam acostumados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção dos instrumentos de medida atendeu ao primeiro objetivo específico dessa pesquisa e constituiu, por si só, etapa de natureza didática, uma vez que envolveu articulação interdisciplinar de conceitos na área de Programação e de Química.

Em vista do segundo objetivo específico, os resultados obtidos nos dois experimentos demonstram uma boa precisão dos instrumentos construídos com o Arduino, o que qualifica as medidas realizadas e fundamentam as conclusões dos estudantes sobre as transformações químicas evidenciadas.

As dificuldades observadas durante a pesquisa podem constituir um obstáculo em maior ou menor grau, principalmente o fato de alguns estudantes não demonstrarem identificação com a área de Informática e, assim como muitos, optarem por se matricular em um curso profissionalizante muito mais pela qualidade da instituição de ensino do que por vocação ou interesse num determinado curso. Isso fez com que esses estudantes não se envolvessem tanto nos projetos e sinaliza para a necessidade de um diagnóstico de interesse e ações motivacionais antes de se reproduzir o trabalho.

A utilização do Arduino como recurso didático é pouco explorada no ensino de Química em nível médio e talvez a necessidade de se entender um pouco sobre eletrônica e programação seja um dos motivos, entretanto, no universo dos cursos técnicos integrados, considerando a relação com o currículo de cursos de Informática e a realização dos objetivos específicos dessa pesquisa, o Arduino se apresenta como uma boa alternativa para o ensino contextualizado de Química, atendendo às diretrizes curriculares do Ministério da Educação no tocante à adoção de metodologias que priorizem o aprendizado prático no ensino profissionalizante.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São muitas as possibilidades de enriquecer o trabalho e gerar novas propostas de pesquisa. O Arduino permite ampliar o controle dos procedimentos e aumentar a precisão das medidas. Na construção do termômetro, por exemplo, é possível fazer com que o Arduino controle o aquecimento da amostra ou, no caso do pHmetro, podemos conectá-lo a um aplicativo que obtenha a leitura das medidas e

apresente o gráfico pH *versus* volume, aprofundando e explorando conceitos matemáticos que incrementam o caráter interdisciplinar desse recurso didático.

REFERÊNCIAS

- ARDUOELETRO. **Módulos e sensores Arduino**, 2020. Disponível em: <https://www.arduoletro.com/>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- ASCENCIO, Ana Fernanda Gomes; CAMPOS, Edilene Aparecida Veneruchi de. **Fundamentos da programação de computadores: algoritmos, Pascal, C/C++ e Java**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.
- BACKES, André. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. **Linguagem C: completa e descomplicada**
- BANZI, Massimo. **Primeiros passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec, 2011.
- COLD-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C). **MAXIM INTEGRATED**, 2020. Disponível em: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX6675.html>. Acesso em: 8 jan. 2020.
- DIAS, Ayres G.; COSTA, Marco Antonio da; GUIMARÃES, Pedro Ivo C. **Guia Prático de Química Orgânica**. Vol. 1. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- HAGE, David S.; CARR, James D. **Química analítica e análise quantitativa**. Tradução de Midori Yamamoto. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.
- HELP with pH sensor pin abbreviations. **Forum Arduino**, 2015. Disponível em: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=336012.0> . Acesso em: 9 jan. 2020.
- IFSC. **Resolução CEPE/IFSC nº 74 de 10 de agosto de 2018**. Aprova a alteração do PPC do Curso Técnico Integrado em Informática do Campus Gaspar e dá outras providências. Sistema Integrado de Gestão de Recursos Humanos. ago. 2018.
- KEMMIS, L.; MCTAGGART, R. NIXON R. **The Action Research Planner**. Singapura: Springer, 2014.
- JUNIOR, I. M. **Desenvolvimento de titulador automático baseado na Plataforma open source arduino como ferramenta Investigativa no ensino de química**. 2019. 150 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2019. Disponível em: <http://www.profqui.ufv.br/wp-content/uploads/2019/04/Dissertação-Iterlande-Machado-Junior.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2020.
- JUNIOR, Luiz Alberto da S.; LINS, Walquiria C. B.; LEÃO, Marcelo B. C. Análise das produções brasileiras publicadas nos ENPEC sobre robótica educacional no ensino de ciências. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2017.
- LOCATELLI, Aline; ZOCH, Alana N.; TRENTIN, Marco Antonio S. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. **Revista Tecnologias na Educação –**

Ano 7, n. 12, jul. 2015. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/Art19-vol12-julho2015.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2020.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2015.

MEC. **CENSO ESCOLAR 2010**. Brasil. 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=7272-div-censo-escolar2010-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 6 mai. 2019.

MEC. **PLATAFORMA NILO PEÇANHA**. Brasil. 2019. Disponível em: <http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/2019.html>. Acesso em: 4 nov. 2019.

MEC. Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico. Área profissional: Informática. Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/informat.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2019.

MEC. Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2. Brasília, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 20 mai. 2020.

NUNES, H. M. **Desenvolvimento e aplicação de um kit experimental com Arduino para o ensino de eletromagnetismo**. 2018. 224 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís (MA), 2018. Disponível em: <http://tedeabc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/2343>. Acesso em: 5 fev. 2020.

SIGMA ALDRICH. Ficha de produto. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/a5376?lang=pt®ion=BR&gclid=Cj0KCQjwit_8BRCoARIsAlx3Rj52a70GFB1878ZsRyG0TQJ61hh6D_ISArjEIQG8v1njFeq96qeKvB8aAvgJEALw_wcB. Acesso em: 27 out. 2020.

SKOOG, Douglas A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução de Robson Mendes Matos. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

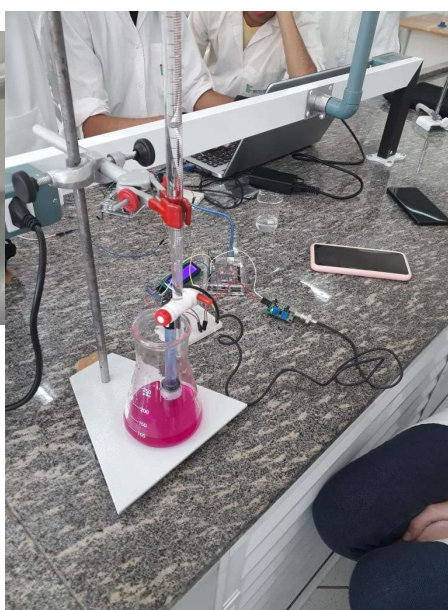
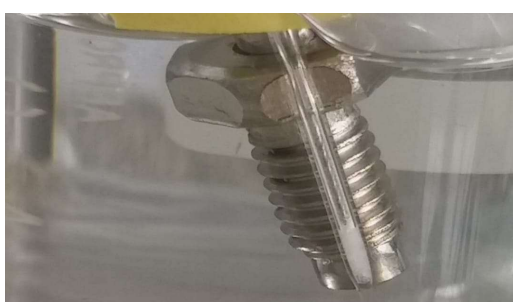
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). Instituto de Ciências Biológicas. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://www.icb.ufmg.br/institucional/administracao-central/gerencias/residuos/fispg-fichas-de-informacoes-de-seguranca-de-produtos-quimicos/626-acido-salicilico/file>. Acesso em: 27 out. 2020.

VOGEL, Arthur Israel. **Química Analítica Qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

ANEXO 1 - PRODUTO EDUCACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL

Construção de instrumentos de medidas físico-químicas utilizando Arduino



Construção de termômetro e pHmetro: tutoriais e roteiros de experimentos

Yuri Lopes Adib Salomão

Janeiro de 2020



Sumário

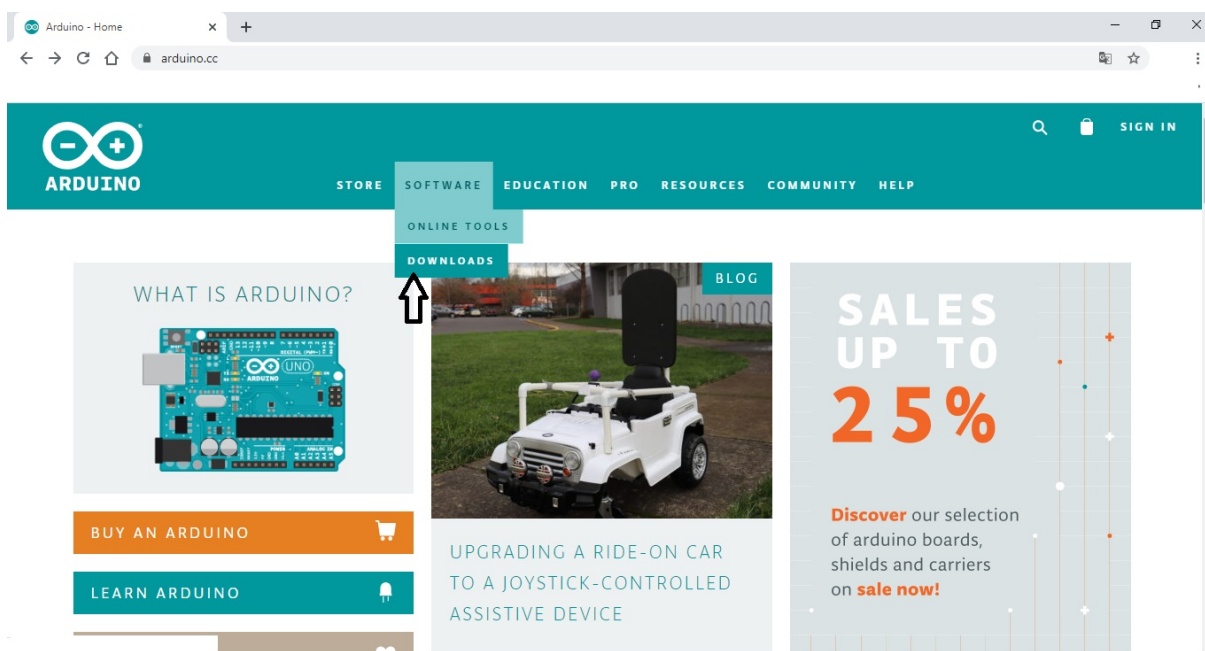
1. Tutorial - Baixando o ambiente Arduino;
2. Construindo o termômetro;
3. Roteiro de experimento – síntese e caracterização do ácido acetilsalicílico;
4. Construção do pHmetro;
5. Roteiro de experimento – Monitoramento de titulação ácido-base;
6. Referências.

1. Baixando o ambiente Arduino

Para trabalhar com o Arduino é preciso baixar seu IDE (*Integrated Development Environment*), que corresponde a uma espécie de sistema operacional específico para programação. O IDE é gratuito e pode ser obtido no site oficial do Arduino. Existem aplicativos para sistemas android e ios que permitem programar o Arduino a partir de celulares e *tablets*.

1º passo

Acesse o site oficial **arduino.cc** e no menu **Software** selecione a opção **Downloads**.



Fonte: Arduino.cc

2º passo

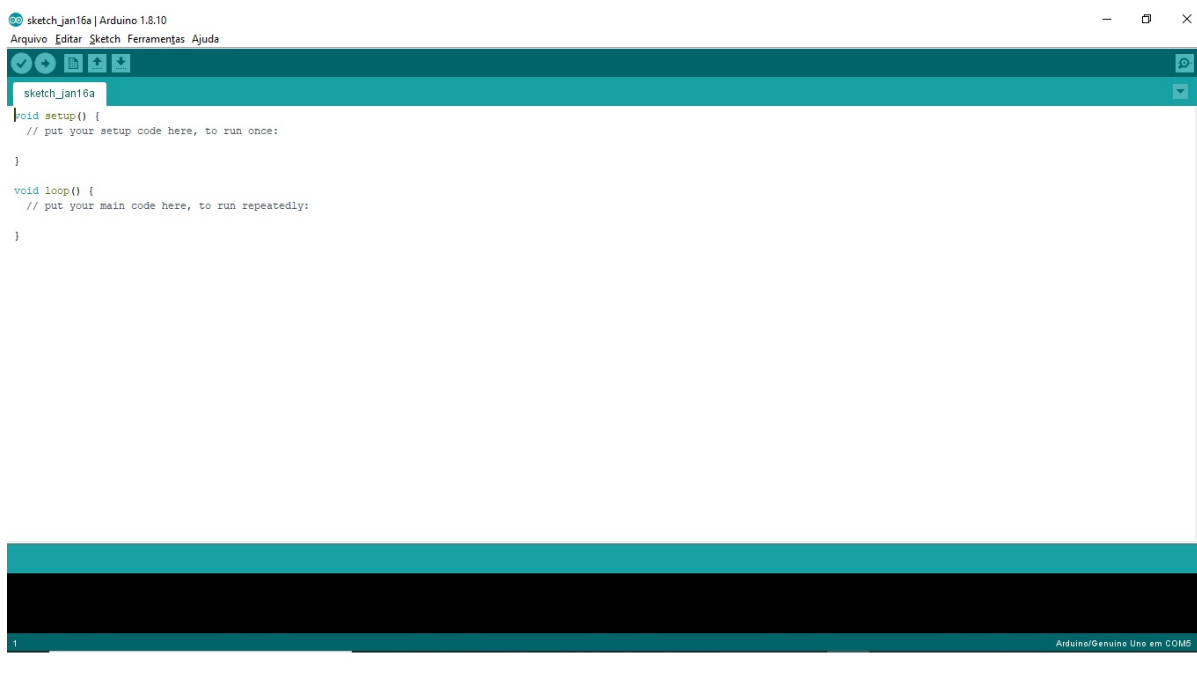
Na página de downloads selecione o sistema operacional de sua preferência e siga as instruções indicadas.



Fonte: Arduino.cc

3º passo

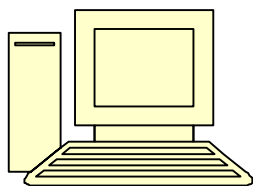
Uma vez instalado o IDE é possível começar a programar, inserir códigos e colocar o Arduino em operação. O próprio site do Arduino apresenta uma sessão de tutoriais.



Fonte: IDE Arduino/autor

2. Construindo o termômetro

Materiais:



Computador, tablet
ou celular



Arduino



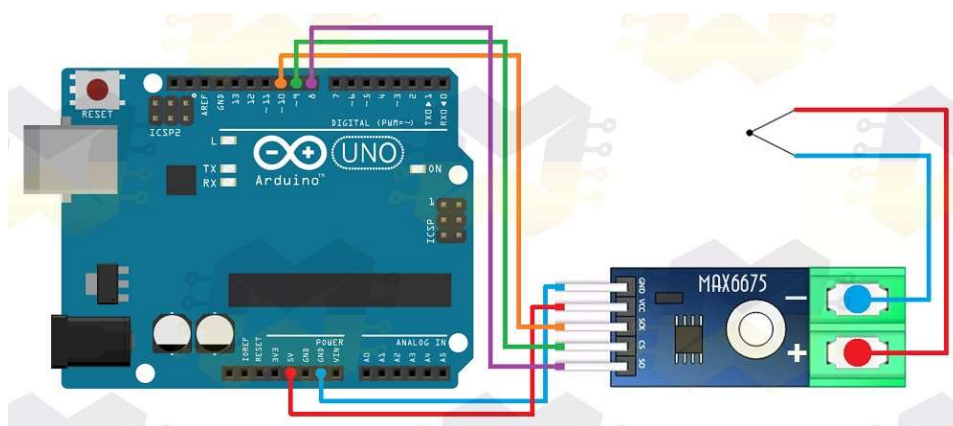
Sensor de temperatura
MAX6675



Cabos para conexão

*Sensores, cabos e o próprio Arduino podem ser obtidos em lojas físicas e virtuais

Montagem:



Código de programação:

```
#include "max6675.h" //inclui a biblioteca do sensor
int ktcSO = 8; // define o pino digital (so)
int ktcCS = 9; //define o pino digital (cs)
int ktcCLK = 10; //define o pino digital (clk / sck)
MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcSO); //cria uma instância utilizando os pinos (clk, cs, so)
void setup(){
  Serial.begin(9600); //inicializa a interface de exibição dos dados. Ctrl+Shft+M para abrir a interface.
  delay(500); //estabelece um intervalo de 500 milissegundos até exibir a próxima medida
}
void loop(){
  Serial.print("Temperatura: "); //exibe o texto entre aspas
  Serial.print(ktc.readCelsius()); //exibe a temperatura medida
  Serial.println("°C"); // exibe o texto entre aspas
  delay(500); // estabelece um intervalo de 500 milissegundos até exibir a próxima medida
}
```

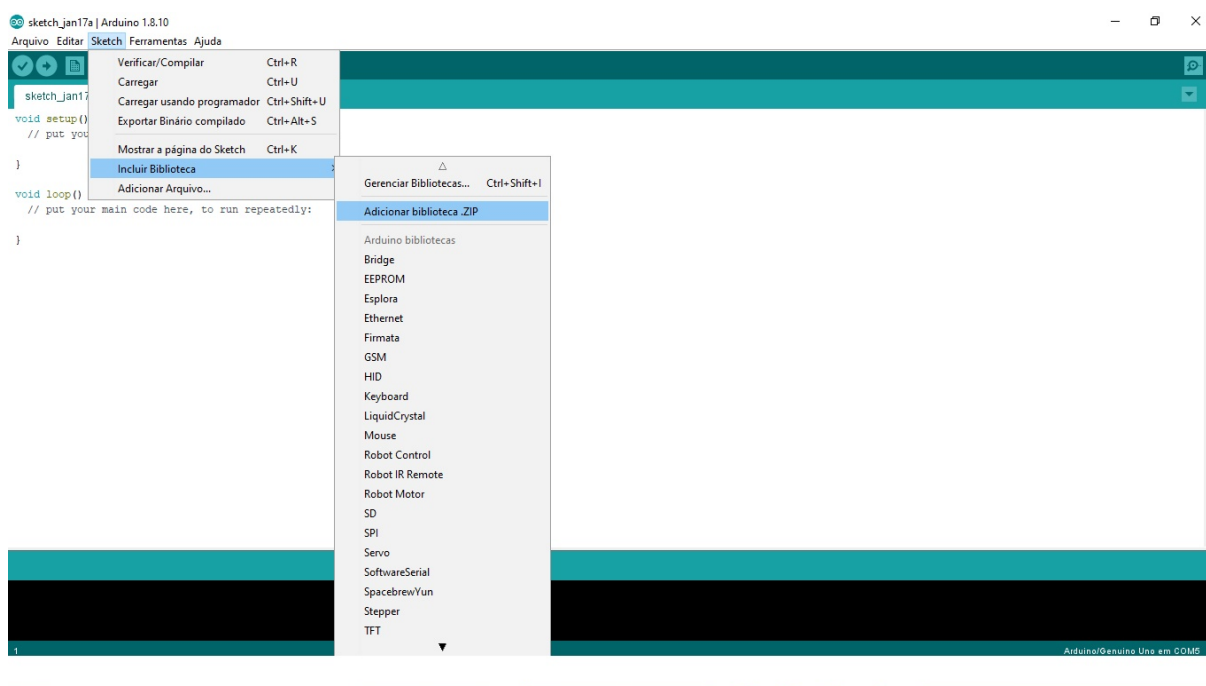
OBS.: Tudo que está escrito depois da dupla barra (//) não é considerado pelo programa, portanto não precisa aparecer no código, é apenas uma explicação do que cada linha de programação significa.

Orientações técnicas

Para que o código funcione corretamente é preciso baixar uma biblioteca com informações sobre o sensor de temperatura. A biblioteca é um arquivo (DS1307.zip) que pode ser obtido no link abaixo ou em uma busca simples na internet.

<https://blogmasterwalkershop.com.br/arquivos/libs/MAX6675-library-master.zip>

Após baixar a biblioteca basta incluí-la como indicado abaixo, selecionando a pasta onde ela foi salva.



Fonte: IDE Arduino/autor

3. Roteiro de experimento – síntese e caracterização do ácido acetilsalicílico

Objetivos

Sintetizar e caracterizar o ácido acetilsalicílico por ponto de fusão.

Materiais

Termômetro construído com o Arduino, erlenmeyer de 250 mL, pipeta graduada de 10 mL, sistema de filtração a vácuo, estufa, capilares de vidro, bequer de vidro de 50 mL, chapa de aquecimento com agitação magnética, barra magnética (peixinho).

Reagentes

Ácido salicílico P.A., anidrido acético P.A., ácido sulfúrico concentrado, água destilada gelada, glicerina (pode ser substituída por vaselina líquida).

Procedimento

- Síntese do Ácido Acetilsalicílico (AAS)

- I) Em um Erlenmeyer de 250 mL, pesar 3,5 g de ácido salicílico;
- II) Com o auxílio de uma pipeta de 10 mL, acrescentar 6 mL de anidrido acético e 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado;
- III) Agitar até homogeneizar a solução e aquecer, sob agitação magnética, por 20 minutos a uma temperatura variável de 50°C a 60°C, até que ocorra a precipitação de um sólido branco;
- IV) Deixar o recipiente em repouso para resfriar em temperatura ambiente;
- V) Adicionar 15 mL de água destilada gelada, agitando para que ocorra a decomposição do excesso de anidrido acético;
- VI) Filtrar o conteúdo do Erlenmeyer em sistema a vácuo, lavando a amostra sólida com pequenos volumes de água fria;
- VII) Secar o material filtrado em estufa a, no máximo, 50°C para evitar decomposição térmica.

- Caracterização

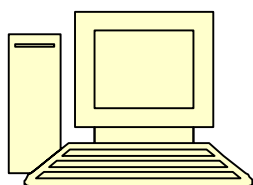
- I) Pesar o sólido seco;
- II) Selar, por aquecimento, uma das extremidades de um capilar;
- III) Preencher 1/3 do capilar com o AAS produzido, batendo a extremidade aberta do capilar e invertendo-se o tubo até que seja preenchido pela AAS;
- IV) Juntar o capilar à sonda do termômetro, amarrando-os com um elástico;
- V) Em um béquer de 50 mL contendo vaselina líquida ou óleo mineral, aquecer o conjunto capilar/sensor em chapa de aquecimento e sob agitação, anotando a temperatura de início e fim da fusão.

Resultados, discussão e conclusão

- Apresente os resultados do experimento;
- Considerando os pontos de fusão de cada substância relatados na literatura, como podemos confirmar a transformação do ácido salicílico em ácido acetilsalicílico.

4. Construção do pHmetro

Materiais:



Computador, tablet
ou celular



Arduino



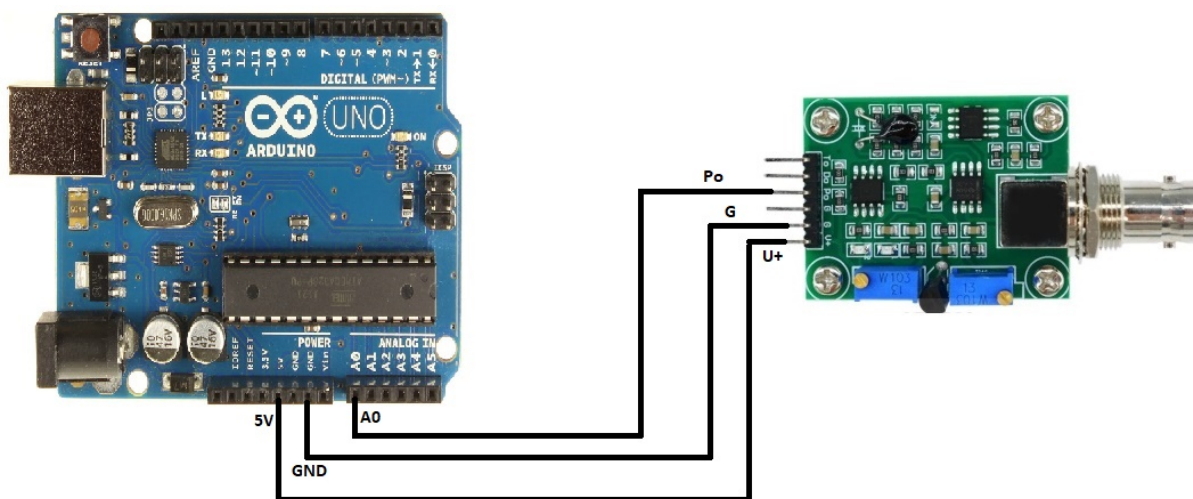
Módulo PH-4502C
e sonda de pH



Cabos para conexão

*Sensores, cabos e o próprio Arduino podem ser obtidos em lojas físicas e virtuais

Montagem:



Código de programação:

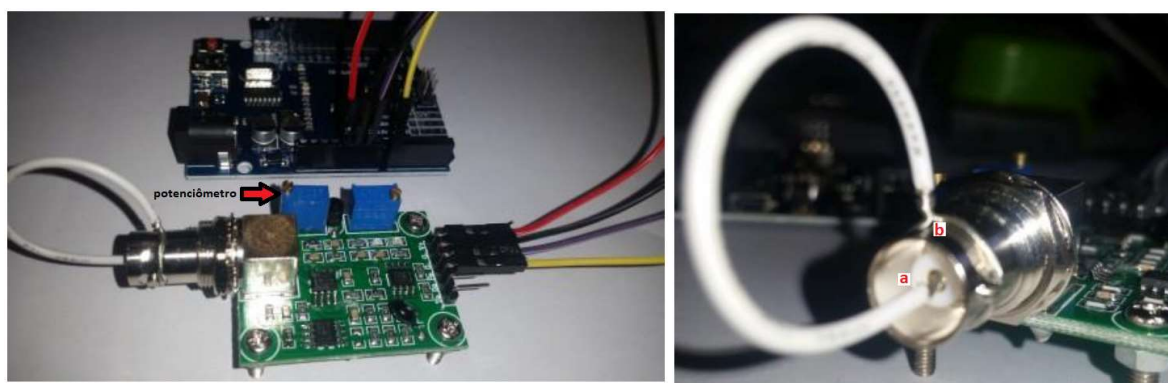
```
int pino = A0; //Define o pino conectado ao sensor
void setup() {
  Serial.begin(9600); //inicializa a interface que mostra os dados. Ctrl+Shft+M para abrir a interface.
}
void loop() {
  int medida = analogRead(pino); //armazena o valor da leitura do sensor na variável medida
  Serial.print("Medida: "); //mostra na interface o que esta entre aspas
  Serial.print(medida); //mostra na interface o valor da medida
  double ddp = 5 / 1024.0 * medida; //converte a medida para volts
  Serial.print("\tddp: "); //mostra na interface o que esta entre aspas com uma tabulação
  Serial.print(ddp, 3); //mostra na interface o valor da ddp lida
  float pH = 7 + ((2.5 - ddp) / 0.18); // relaciona a ddp ao pH. O valor 0.18 representa a relação volt/pH.
  Serial.print("\tpH: "); //mostra na interface o que esta entre aspas com uma tabulação
  Serial.print(pH, 3); //mostra na interface o valor do pH
  Serial.println(""); //pula uma linha na interface
  delay(2000); // estabelece um intervalo de 2000 milissegundos até fornecer a próxima medida
}
```

OBS.: Tudo que está escrito depois da dupla barra (//) não é considerado pelo programa, portanto não precisa aparecer no código, é apenas uma explicação do que cada linha de programação significa.

Orientação técnica

A sonda de pH é uma pilha cuja diferença de potencial (ddp) é lida pelo módulo. Para que essa leitura seja feita com precisão é necessário calibrar o equipamento, assim como se faz com qualquer pHmetro. Essa calibração é feita da seguinte forma:

I) Após montar todo o sistema, com a sonda desconectada do módulo, coloca-se um pequeno pedaço de fio desencapado nas duas extremidades, uma no orifício do conector (a) e outra no corpo externo do conector (b), conforme as imagens abaixo.



II) Utilizando uma microchave de fenda ou algum instrumento similar, gire o parafuso do potenciômetro (componente azul próximo ao conector) até que o valor registrado pelo seja 2,5. Lembre-se de que para abrir a interface de comunicação do Arduino e ver as leituras é preciso pressionar no teclado do computador as teclas Ctrl+Shift+M ou acessar o menu da IDE na opção “Ferramentas”.

III) Utilizando uma solução de pH conhecido (padrão), faça uma medida e anote o valor da ddp registrada pelo Arduino.

IV) Encontre a relação **volt/pH** por meio da equação abaixo. Caso seja diferente do valor que aparece no código de programação (`float pH = 7 + ((2.5 - ddp) / 0.18)`), substitua o valor pelo resultado encontrado na equação.

$$r = \frac{ddp - 2,5}{7 - pH}$$

Onde:

r = relação volt/pH

ddp = leitura do Arduino na solução padrão

pH = pH da solução padrão

5. Roteiro de experimento – Monitoramento de titulação ácido-base.

Objetivos

- Monitorar o pH de uma titulação ácido-base até o ponto de equivalência;
- Comparar a precisão da determinação do ponto de equivalência entre a fenolftaleína e o pHmetro construído.

Materiais

Béquer de 50 mL; erlenmeyer de 250 mL, bureta de 50 mL, proveta graduada de 25 mL, suporte universal, garras, mufas, agitador magnético, barra magnética (peixinho), pHmetro construído com o Arduino.

Reagentes

Água deionizada, hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, ácido clorídrico $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e fenolftaleína.

Procedimento

- Ambientalize a bureta com uma pequena quantidade de hidróxido de sódio;
- Preencha a bureta com a solução de hidróxido de sódio;
- Com o auxílio de uma proveta graduada, coloque 20 mL da solução de ácido clorídrico num erlenmeyer, acrescente 2 gotas de fenolftaleína e, aproximadamente, 60 mL de água deionizada;
- Introduza a sonda de pH e, sob agitação magnética, inicie a titulação deixando o hidróxido de sódio gotejar lentamente na solução de ácido clorídrico;
- Acompanhar a titulação até que a cor da solução fique definitivamente rosa pálido e registrar o pH nessa condição.



Resultados, discussão e conclusão

- Apresente os resultados do experimento;
- Com base na faixa de viragem da fenolftaleína, explique porque o pH da solução quando ela se tornou definitivamente rosa pálido não era 7;
- Compare a precisão do pHmetro construído com o Arduino com a precisão da indicação da fenolftaleína.

6. Referências

AMERICANAS. Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/84053208>. Acesso em: 12 fev. 2020.

AMERICANAS. Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/28710685>. Acesso em: 12 fev. 2020.

AMERICANAS. Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/81873891>. Acesso em: 12 fev. 2020.

ARDUINO. Site oficial. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

BANZI, Massimo. **Primeiros passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec, 2011.

DIAS, Ayres G.; COSTA, Marco Antonio da; GUIMARÃES, Pedro Ivo C. **Guia Prático de Química Orgânica**. Vol. 1. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

ELETROGATE. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/jumpers-macho-femea-20-unidades-de-20-cm>. Acesso em: 12 fev. 2020.

HELP with pH sensor pin abbreviations. **Forum Arduino**, 2015. Disponível em: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=336012.0>. Acesso em 9 jan. 2020.

HOLLER, F. James et al. **Princípios de Análise Instrumental**. Tradução de Celio Pasquini et al. Porto Alegre: Bookman, 2009.

COLD-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C). **MAXIM INTEGRATED**, 2020. Disponível em: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX6675.html>. Acesso em 8 jan. 2020.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2015.

SHOPTIME. Disponível em: <https://www.shoptime.com.br/produto/39559726>. Acesso em: 12 fev. 2020.

VOGEL, Arthur Israel. **Química Analítica Qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981.